

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 05-129399

(43)Date of publication of application : 25.05.1993

(51)Int.Cl.

H01L 21/66
G01N 21/88

(21)Application number : 03-287823

(71)Applicant : TOSHIBA CORP

(22)Date of filing : 01.11.1991

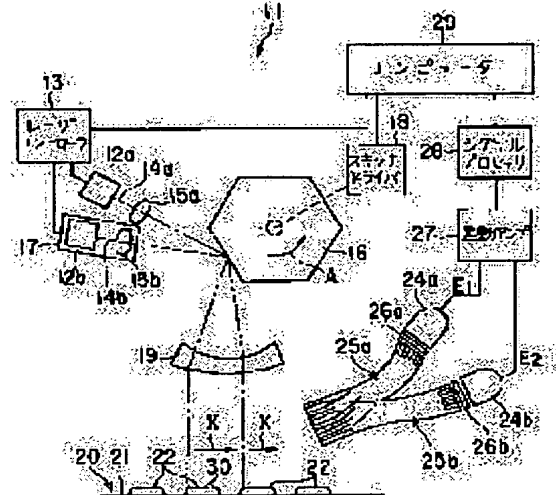
(72)Inventor : HAYASHI MASAKAZU

(54) SURFACE ATTACHED PARTICLE DETECTION DEVICE

(57)Abstract:

PURPOSE: To detect particles attached on the surface of an object having diversified directional patterns with high sensitivity by providing a plurality of measurement lights, a measurement light scanning means, a light-gathering optical system, a photo-electric conversion means and a signal processing means.

CONSTITUTION: A laser beam 14a or 14b emitted from semiconductor lasers 12a and 12b reaches a rotary polyhedron scanner 16 by way of lenses 15a and 15b. The laser beams 14a and 14b are polarized by the rotation of the rotary polyhedron scanner 16 and scanned on the surface 21 a semiconductor wafer having passed an f θ lens 19 in a fixed direction indicated by the arrows X-X. Light-gathering fibers 25a and 25b receive reflected light on the surface 21 of the semiconductor wafer 20 at the end where the reflected light is collected together so as to transmit the light to photo-multipliers 24a and 24b respectively. A differential amplifier 27 determines the output signal of each of the photo-multipliers 24a and 24b and transmits the arithmetic operation result of the differential amplifier 27 to a signal processor 28. This construction makes it possible to detect particles with high sensitivity.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

BEST AVAILABLE COPY

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-129399

(43)公開日 平成5年(1993)5月25日

(51)Int.Cl.⁵

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

H 0 1 L 21/66

J 8406-4M

G 0 1 N 21/88

E 2107-2 J

H 0 1 L 21/66

Z 8406-4M

審査請求 未請求 請求項の数3(全 8 頁)

(21)出願番号

特願平3-287823

(22)出願日

平成3年(1991)11月1日

(71)出願人 000003078

株式会社東芝

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(72)発明者 林 正和

神奈川県横浜市磯子区新杉田町8番地 株

式会社東芝横浜事業所内

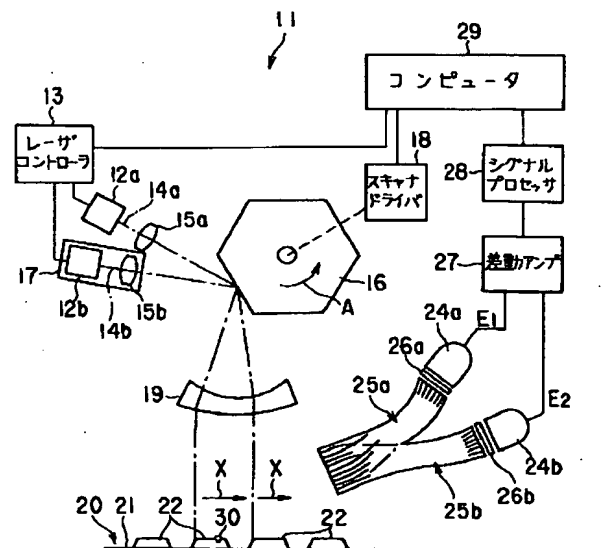
(74)代理人 弁理士 鈴江 武彦

(54)【発明の名称】 表面付着粒子検出装置

(57)【要約】

【目的】多様な方向性のパターンを有する対象物の表面に付着した粒子を高感度で検出することが可能な表面付着粒子検出装置を提供することにある。

【構成】半導体ウエハにレーザビームを照射して半導体ウエハの表面に付着した粒子を検出する表面付着粒子検出装置において、互いに異なる性質を有し半導体ウエハ20の表面21に照射される複数のレーザビーム14a、14bと、これらレーザビーム14a、14bを半導体ウエハ20の表面21に走査する回転多面体スキャナ16と、レーザビーム14a、14bを一定の間隔を保ったまま半導体ウエハ20の表面21に集光するfθレンズ19と、半導体ウエハ20の表面21からの散乱光を受けて電気信号に変換するフォトマルチプライア24a、24bと、このフォトマルチプライア24a、24bの出力からノイズ成分を除いて粒子30の信号を取り出すシグナルプロセッサ28とを備えた。



- 11 … 表面付着粒子検出装置
12a, 12b … 半導体レーザ(光源)
14a, 14b … レーザビーム(測定光)
16 … 回転多面体スキャナ(測定光走査手段)
19 … fθレンズ(集光光学系)
20 … 半導体ウエハ(照射対象物)
24a, 24b … フォトマルチプライア(光電変換手段)
25a, 25b … 集光ファイバ
28 … シグナルプロセッサ(信号処理手段)
29 … コンピュータ

BEST AVAILABLE COPY

【特許請求の範囲】

【請求項1】 照射対象物に測定光を照射して上記照射対象物の表面に付着した粒子を検出する表面付着粒子検出装置において、互いに異なる性質を有し上記照射対象物の表面に照射される複数の測定光と、これら測定光を上記照射対象物の表面に走査する測定光走査手段と、上記測定光を一定の間隔を保ったまま上記照射対象物の表面に集光する集光光学系と、上記照射対象物の表面からの散乱光を受けて電気信号に変換する光電変換手段と、この光電変換手段の出力からノイズ成分を除いて上記粒子の信号を取出す信号処理手段とを備えたことを特徴とする表面付着粒子検出装置。

【請求項2】 上記測定光が互いに波長の異なる光を出力する光源から出射されることを特徴とする【請求項1】記載の表面付着粒子検出装置。

【請求項3】 上記測定光が互いに異なる周波数に変調されることを特徴とする【請求項1】記載の表面付着粒子検出装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、例えば、対象物の表面に付着した粒子を検出する付着粒子検出装置に関する。

【0002】

【従来の技術】半導体分野で利用される測定装置、あるいは検査装置においては、nm（ナノ・メートル）オーダーの分解能が要求されるため、他の工学の分野ではあまり重要視されないパラメータが問題になる。そして、例えば1～10nmの分解能を有するレーザ干渉計では測定環境（温度、気圧、湿度、振動など）までが測定値を支配する要因或いは誘因となる。

【0003】上述のような高い分解能を得ることは難しく、また、得られたとしても、測定・検査方法によって値が異なる場合がある。そこで、径寸法が特定の値に決められた粒子を、測定・検査のための標準試料として用いてその装置の分解能を求めることが行われている。

【0004】また、図5は半導体ウエハの表面の欠陥を検査する装置の原理を示している。この装置は、レーザの直線偏光成分の解消現象を利用したもので、S偏光のレーザビーム1をパターンニングウエハ2に対して略水平方向（ $\alpha = 2^\circ$ ）から照射する。この時パターン部分からの反射散乱光3はほぼS偏光成分であるのに反してパターン上に突起状異物がある場合は反射散乱光3は偏光解消を起こし、P偏光成分が現れる。したがって、結像面4の前にS偏光遮断偏光板5を置けば、突起状異物だけが抽出される。ここで、図5中の6は光電素子であり、7は対物レンズである。

【0005】また、微粒子計測技術やレーザ計測・検査が記載された刊行物として、例えば、「電気学会技術報告（II部）第255号 クリーンルームと微粒子計測技術」や「月刊Semiconductor World 1986 8、レーザ応

用技術 検査装置への応用」等がある。そして、表面付着粒子検出装置に関する説明は、上記「電気学会技術報告」の図3、47、図3、49、及び、図3、50や、上記「月刊Semiconductor World」の図3及び図4に示されており、パターンニングされたものを検査対象とした例に関する説明は、上記「電気学会技術報告」の図3、57や上記「月刊Semiconductor World」の図8及び図10に示されている。

【0006】さらに、物体表面に付着した異物を検出するための技術が、特開昭60-63449号公報、同じく特開昭61-208051号公報、及び、同じく特開昭62-70738号公報等に記載されている。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】ところで、図5のようにレーザの直線偏光成分の解消現象を利用した方式においては、解消現象がパターンの方向性に依存する。このため、パターンを構成する線素の方向性が多様な場合には、この方式を適用することはできない。

【0008】つまり、この方式においては、例えば図6に示すようにパターン8が互いに直交する2方向及びこれらの方向に対して $\pm 45^\circ$ の方向に延びる線素により構成されている場合のみしか検出を行うことができない。しかし、実際のデバイスにおいては異なったパターンを何重にも重ね合わせることが一般的であり、このため、製造プロセスの条件によってはパターンのコーナ部が丸みをおびることもある。

【0009】また、上述の方式においては、偏光性を保存するために、レーザビーム1をパターンニングウエハ2に対して略水平方向から照射する必要がある。このため、レーザスポットの大きさを数10 μ m程度に絞ることができず、検出感度のある程度以上に高めることが難しい。

【0010】本発明の目的とするところは、多様な方向性のパターンを有する対象物の表面に付着した粒子を高感度で検出することが可能な表面付着粒子検出装置を提供することにある。

【0011】

【課題を解決するための手段および作用】上記目的を達成するために本発明は、照射対象物に測定光を照射して照射対象物の表面に付着した粒子を検出する表面付着粒子検出装置において、互いに異なる性質を有し照射対象物の表面に照射される複数の測定光と、これら測定光を照射対象物の表面に走査する測定光走査手段と、測定光を一定の間隔を保ったまま照射対象物の表面に集光する集光光学系と、照射対象物の表面からの散乱光を受けて電気信号に変換する光電変換手段と、この光電変換手段の出力からノイズ成分を除いて粒子の信号を取出す信号処理手段とを備えた。また、本発明は、測定光を互いに波長の異なる光を出力する光源から出射する。また、本発明は、測定光を互いに異なる周波数に変調する。そ

3

して、本発明は、多様な方向性のパターンを有する対象物の表面に付着した粒子を高感度で検出できるようにした。

【0012】

【実施例】以下、本発明の各実施例を図1～図4に基づいて説明する。

【0013】図1は本発明の第1の実施例の要部を示しており、図中の符号11は表面付着粒子検出装置（以下、検出装置と称する）である。この検出装置11は、光源としての2つの半導体レーザ12a、12bを備えており、これら半導体レーザ12a、12bはレーザコントローラ13に接続されている。半導体レーザ12a、12bは、測定光としての、互いに異なる波長 λ_1 、 λ_2 のレーザビーム14a、14bを出力するのであり、これらレーザビーム14a、14bはレンズ15a、15bを通して、測定光走査手段としての回転多面体スキャナ16に達する。ここで、半導体レーザ12a、12bの発振波長は、それぞれ $\lambda_1=670\text{nm}$ 、 $\lambda_2=780\text{nm}$ に設定されている。

【0014】一方の半導体レーザ12bとレンズ15bとの側にはアライメント機構17が設けられており、アライメント機構17に連結された半導体レーザ12b及びレンズ15bの、他方の半導体レーザ12a及びレンズ15bに対する姿勢はアライメント機構17によって調整される。

【0015】前記回転多面体スキャナ16は正多面体状のもので、スキャナドライバ18によって回転駆動される。そして、回転多面体スキャナ16は、図1中に矢印Aで示すように回転して多数の鏡面を移動させ、レーザビーム14a、14bを各鏡面で反射させて規則的に走査する。さらに、回転多面体スキャナ16の後段には集光光学系としてのf θ レンズ19が配置されており、回転多面体スキャナ16の各鏡面で反射したレーザビーム14a、14bはf θ レンズ19を介して照射対象物としての半導体ウエハ20の表面21に導かれる。

【0016】半導体ウエハ20はパターンニングされたもので、図2中に示すように半導体ウエハ20の表面21にはパターン22…が周期的に形成されている。上記レーザビーム14a、14bは表面21上にスポット23a、23bを結ぶ。スポット23a、23bの直径 ϕ は共に略等しく設定されており、スポット23a、23bの間隔dは隣合ったパターン22…のピッチpに略一致している。

【0017】また、図1中に示すように、検査装置11には、光電変換手段としての2つのフォトマルチプライア24a、24bが備えられている。フォトマルチプライア24a、24bは、半導体ウエハ20の表面21で反射したレーザビームを受けるもので、表面21での反射光は集光ファイバ25a、25bを介してフォトマルチプライア24a、24bに導かれる。

4

【0018】集光ファイバ25a、25bは複数の光ファイバを束ねてなるもので、それぞれの一端側をフォトマルチプライア24a、24bに向けている。さらに、両集光ファイバ24a、24bは他端側を一纏めに束ねられており、束ねられた端部を半導体ウエハ20の表面21に斜めに向けている。

【0019】さらに、集光ファイバ25a、25bの一本ずつ或いは複数本ずつの光ファイバは交互に配置されており、集光ファイバ25a、25bを構成する光ファイバはいわゆる市松模様並べられている。そして、集光ファイバ25a、25bは、半導体ウエハ20の表面21での反射光を、一纏めに束ねられた端部に受けてフォトマルチプライア24a、24bへそれぞれ伝送する。

【0020】集光ファイバ25a、25bの分岐した端部とフォトマルチプライア24a、24bとの間には互いに透過波長の異なる干渉フィルタ26a、26bが介在している。一方の干渉フィルタ26aは集光ファイバ25aから発せられた光のうち波長が λ_1 の光のみを通過させ、他方の干渉フィルタ26bは集光ファイバ25bから発せられた光のうち波長が λ_2 の光のみを通過させる。

【0021】前記フォトマルチプライア24a、24bは、差動アンプ27及び信号処理手段としてのシグナルプロセッサ28を介してコンピュータ29に接続されている。差動アンプ27は各フォトマルチプライア24a、24bの出力信号 E_1 、 E_2 の差(E_2-E_1)を求め、差動アンプ27の演算結果Sはシグナルプロセッサ28へ送られる。シグナルプロセッサ28は、差動アンプ27の演算結果Sを基に二値化信号を作成し、この二値化信号をコンピュータ29へ送る。

【0022】コンピュータ29は検査装置11の制御系の中央に位置しており、シグナルプロセッサ28と通信するとともに、レーザコントローラ13とスキャナドライバ18とへ指令を発する。つぎに、この検査装置11の作用を説明する。

【0023】半導体レーザ12a、12bから出射したレーザビーム14a、14bは、レンズ15a、15bを通して回転多面体スキャナ16に達する。さらに、レーザビーム14a、14bは回転多面体スキャナ16の回転に伴って偏光され、f θ レンズ19を通過し、半導体ウエハ20の表面21上で矢印X、Xで示すように一定の向きに走査される。また、表面21に達したレーザビーム14a、14bはスポット23a、23bを結び、このスポット23a、23bは同一線上を一定の間隔dを保ったまま移動する。

【0024】レーザビーム14a、14bが表面21で反射すると散乱光が生じ、この散乱光は集光ファイバ25a、25bの一纏めに束ねられた端部に入射する。集光ファイバ25a、25bを構成する光ファイバは市松

模様を描くよう交互に並べられているため、入射した光は各集光ファイバ25a、25bに偏りなく略均等に分割されて各集光ファイバ25a、25bの他端側へ伝送される。

【0025】各集光ファイバ25a、25bの他端側から出射した光は干渉フィルタ26a、26bによってフィルタリングされ、一方のフォトマルチプライア24aには波長が λ_1 の光のみが入力され、他方のフォトマルチプライア24bには波長が λ_2 の光のみが入力される。つまり、一方のスポット23aの散乱光はフォトマルチプライア24aに達し、他方のスポット23bの散乱光はフォトマルチプライア24bに達する。

【0026】回転多面体スキャナ16を等速で回転させた時に得られる時系列信号群が図3に示されている。図3中(a)は一方のフォトマルチプライア24bの出力信号 E_2 の波形を示しており、(b)は他方のフォトマルチプライア24aの出力信号 E_1 の波形を示している。また、(c)は差動アンプ27の出力信号Sの波形を示しており、(d)はシグナルプロセッサ28の出力信号Bの波形を示している。また、図3中(e)は半導体ウエハ20の表面21を走査方向に沿って切断して得られる凹凸を示している。

【0027】スポット23a、23bが間隔dを保ったまま移動するため、 E_2 は E_1 よりも遅れた波形となって現われ、その遅れ時間は距離dを移動するのに要する時間に対応している。

【0028】また、パターン22…は周期的に形成されているため、半導体ウエハ20の表面21の状態に依存したノイズ(偶発的パルス) N_0 、 N_1 、及び、パターン22…の形状に依存したエッジノイズ N_1 、 N_2 、…が規則的に繰返し発生している。そして、ノイズ N_0 、 N_1 は比較的長い時間に亘って発生するのに対し、エッジノイズ N_2 は瞬間的に発生している。ここで、前記ノイズ N_0 、 N_1 はそれぞれ各パターン22…の間の部分とパターン22…の上部とに対応したノイズを表している。

【0029】信号 E_1 、 E_2 の差($E_2 - E_1$)を演算すると(c)の信号Sが得られる。この信号Sの波形においては、表面21の状態に依存したノイズ N_0 、 N_1 が打消し合い、外乱により発生した偶発的なエッジノイズ N_2 が残る。

【0030】半導体ウエハ20の表面21上に粒子30が存在する場合には、スポット23a、23bが異物30を通過すると E_1 と E_2 に粒子30の存在を表すパルス P_1 、 P_2 が発生する。そして、このパルス P_1 、 P_2 は、信号Sの波形においては、一定の間隔で正負が逆な一対のパルス P_1 、 P_2 となって現れる。

【0031】差動アンプ27の出力信号Sはシグナルプロセッサ28により、適当な値 $\pm T_0$ を閾値として二値化され、信号Bが得られる。そして、この信号Bにお

ては、粒子30のパルス P_1 、 P_2 が、 Δt (=d/(スキャン速度))の間隔で逆向きなパルスペアとなって現れる。

【0032】信号Bに例えば一部のエッジノイズ N_0 が残ったとしても、粒子30のパルス P_1 、 P_2 はパルスペアとして現れるため、粒子30のパルス P_1 、 P_2 とエッジノイズ N_0 とが容易に区別されて取除かれる。これらの信号処理はシグナルプロセッサ28によって行われる。

【0033】コンピュータ29は、スポット23a、23bが半導体ウエハ20の外に外れた場合の消燈やレーザ出力の安定化等を、レーザコントローラ13を用いて行う。また、コンピュータ29はスキャナドライバ18を、安定したレーザ走査が実現されるよう制御するとともに、半導体ウエハ20の副走査(レーザ走査方向に対して垂直な方向への走査)を行う。

【0034】また、シグナルプロセッサ28からコンピュータ29へ粒子30の位置や信号の大きさ等のデータが出力され、コンピュータ29は、これらのデータを基に統計処理して粒子30のマップ、サイズ分類、頻度等を求める。そして、統計処理の結果は、図示しないプリンタ、CRT、及び、外部装置等に出力する。

【0035】さらに、この検査装置11において、アライメント機構16は、半導体レーザ12bとレンズ15bとを一体的に前後左右方向及び回転チルト方向に姿勢調整する。また、アライメント機構16は、レーザビーム14a、14bのスポット23a、23bの距離dをパターン22…のピッチpに一致させる。

【0036】すなわち、上述のような検査装置11においては、2つのレーザビーム14a、14bが一定の間隔dを保ったまま半導体ウエハ20の表面21で走査され、それぞれのレーザビーム14a、14bの反射光の差が演算されて、粒子30のパルス P_1 、 P_2 とノイズ N_0 とが区別される。したがって、パターン22…の方向性に関わらず、高いS/Nで高感度に粒子検出を行うことができる。

【0037】また、一般に、表面粗さや材質の違いに基づく反射率・吸収率の差異が存在し、この差異を原因として、パターン22…の上部のノイズ N_1 の平均的な大きさとパターン22…の下部のノイズ N_0 の平均的な大きさとが異なる。しかし、本実施例においては両ノイズを含む信号 E_1 、 E_2 の差が演算され、両ノイズ N_1 、 N_0 の差が信号 N_2 が求められる。したがって、定常的にノイズが低減される。

【0038】なお、本実施例においては半導体レーザ12a、12bが用いられているが、本発明はこれに限定されるものではなく、例えばHe-Neレーザ、Ar⁺レーザ等のガスレーザを用いてもよい。

【0039】また、レーザビーム14a、14bを走査する手段として回転多面体スキャナ16が用いられてい

るが、本発明はこれに限定されず、例えば一枚のミラーを振動させるガルバノ等の方式を利用してレーザビーム14a、14bを走査してもよい。

【0040】また、本実施例においてはレーザビーム14a、14bのスポット形状は真円形に設定されているが、スポット形状を例えば楕円形等のように真円形以外の形状に任意に設定してよい。

【0041】さらに、散乱光の検出に集光ファイバ25a、25bとフォトマルチプライア24a、24bとが用いられているが、散乱光検出器として、例えば光ファイバを用いないもの、光ファイバの代わりに積分球を用いたもの、或いは、レンズやミラーを用いて光を集めるもの等を利用してよい。また、フォトダイオードやフォトディテクタ等のように光強度を電気信号に変換する種々のものをフォトマルチプライア24a、24bの代わりに用いてもよい。

【0042】また、本実施例においては、異なる波長のレーザビーム14a、14bが用いられ、波長の違いを利用して粒子検出が行われるが、レーザの偏光を利用して粒子検出を行うことも可能である。

【0043】つまり、半導体レーザ12a、12bに同一波長のものを利用し、レーザビームの光路中に偏光子を挿入する。そして、レーザビームのP波及びS波を取出し、実施例中の干渉フィルタ26a、26bの代わりにP波用検光子、S波用検光子をそれぞれ用いる。このようにしても前述の実施例と同様の効果を奏することができる。つぎに、本発明の第2の実施例を説明する。なお、第1の実施例と同様の部分については同一番号を付し、その説明は省略する。

【0044】図4は本発明の第2の実施例を示しており、図中の符号41は表面付着粒子検出装置（以下、検出装置と称する）である。この検出装置41には、発振器42、レーザドライバ43a、43b、半導体レーザ44a、44b、集光ファイバ45、フォトマルチプライア46、及び、同期検波回路47a、47bが備えられている。

【0045】発振器42から $f_1 = 100\text{ MHz}$ 、 $f_2 = 90\text{ MHz}$ の周波数がレーザドライバ43a、43bに発せられ、レーザドライバ43a、43bに接続された半導体レーザ44a、44bから同一波長のレーザビーム48a、48bが射出される。各レーザビーム48a、48bは $f_1 = 100\text{ MHz}$ 、 $f_2 = 90\text{ MHz}$ で周波数変調されている。レーザビーム48a、48bは、多面回転体スキャナ16及び $f\theta$ レンズ19を介して、半導体ウエハ20の表面21上で一定間隔を保ったまま走査される。

【0046】半導体ウエハ20の表面21からの散乱光が集光ファイバ45によって集められ、集光ファイバ45の発光側に配置されたフォトマルチプライア46に入力される。フォトマルチプライア46の出力信号E_iに

は、 100 MHz と 90 MHz で変調された散乱光が同時に得られる。同期検波回路47に基準周波数 f_1 、 f_2 が加えられ、同期検波回路47によって、キャリア周波数 f_1 のエンベロープ信号 G_1 と、キャリア周波数 f_2 のエンベロープ信号 G_2 とが得られる。これらの信号 G_1 、 G_2 は差動アンプ27へ送られ、シグナルプロセッサ28により、例えば前述の第1の実施例と同様な方法によって処理される。

【0047】なお、この第2の実施例においては、第1の実施例の場合と同様に半導体レーザ44a、44bを、例えばHe-Neレーザ、Ar⁺レーザ等のガスレーザ等に置き換えることが可能である。しかし、CW（連続波）タイプのガスレーザが用いられる場合には、電気的変換ではなく、機械式チョッパ等を用いる必要がある。また、本発明は要旨を逸脱しない範囲で種々に変形することが可能である。

【0048】

【発明の効果】以上説明したように本発明は、照射対象物に測定光を照射して照射対象物の表面に付着した粒子を検出する表面付着粒子検出装置において、互いに異なる性質を有し照射対象物の表面に照射される複数の測定光と、これら測定光を照射対象物の表面に走査する測定光走査手段と、測定光を一定の間隔を保ったまま照射対象物の表面に集光する集光光学系と、照射対象物の表面からの散乱光を受けて電気信号に変換する光電変換手段と、この光電変換手段の出力からノイズ成分を除いて粒子の信号を取出す信号処理手段とを備えた。また、本発明は、測定光を互いに波長の異なる光を出力する光源から出射する。また、本発明は、測定光を互いに異なる周波数に変調する。そして、本発明は、多様な方向性のパターンを有する対象物の表面に付着した粒子を高感度で検出できるという効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施例を示す概略構成図。

【図2】レーザビームのスポットと半導体ウエハに形成されたパターンとの関係を示す説明図。

【図3】本発明の第1の実施例における時系列信号群を示す説明図。

【図4】本発明の第2の実施例を示す概略構成図。

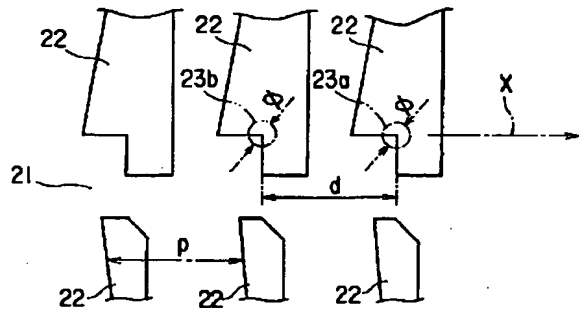
【図5】半導体ウエハの表面欠陥検査の原理を示す説明図。

【図6】一般的なパターンを示す正面図。

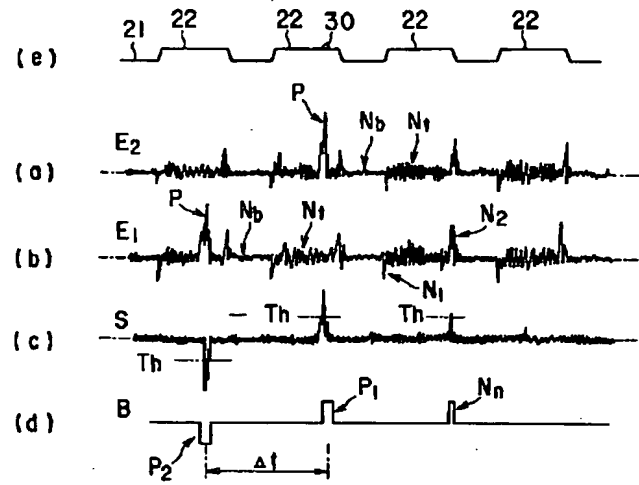
【符号の説明】

11…表面付着粒子検出装置、12a、12b…半導体レーザ（光源）、14a、14b…レーザビーム（測定光）、16…回転多面体スキャナ（測定光走査手段）、19… $f\theta$ レンズ（集光光学系）、20…半導体ウエハ（照射対象物）、24a、24b…フォトマルチプライア（光電変換手段）、25a、25b、45…集光ファイバ、28…シグナルプロセッサ（信号処理手段）。

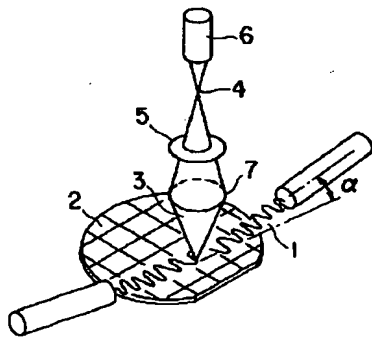
【図2】



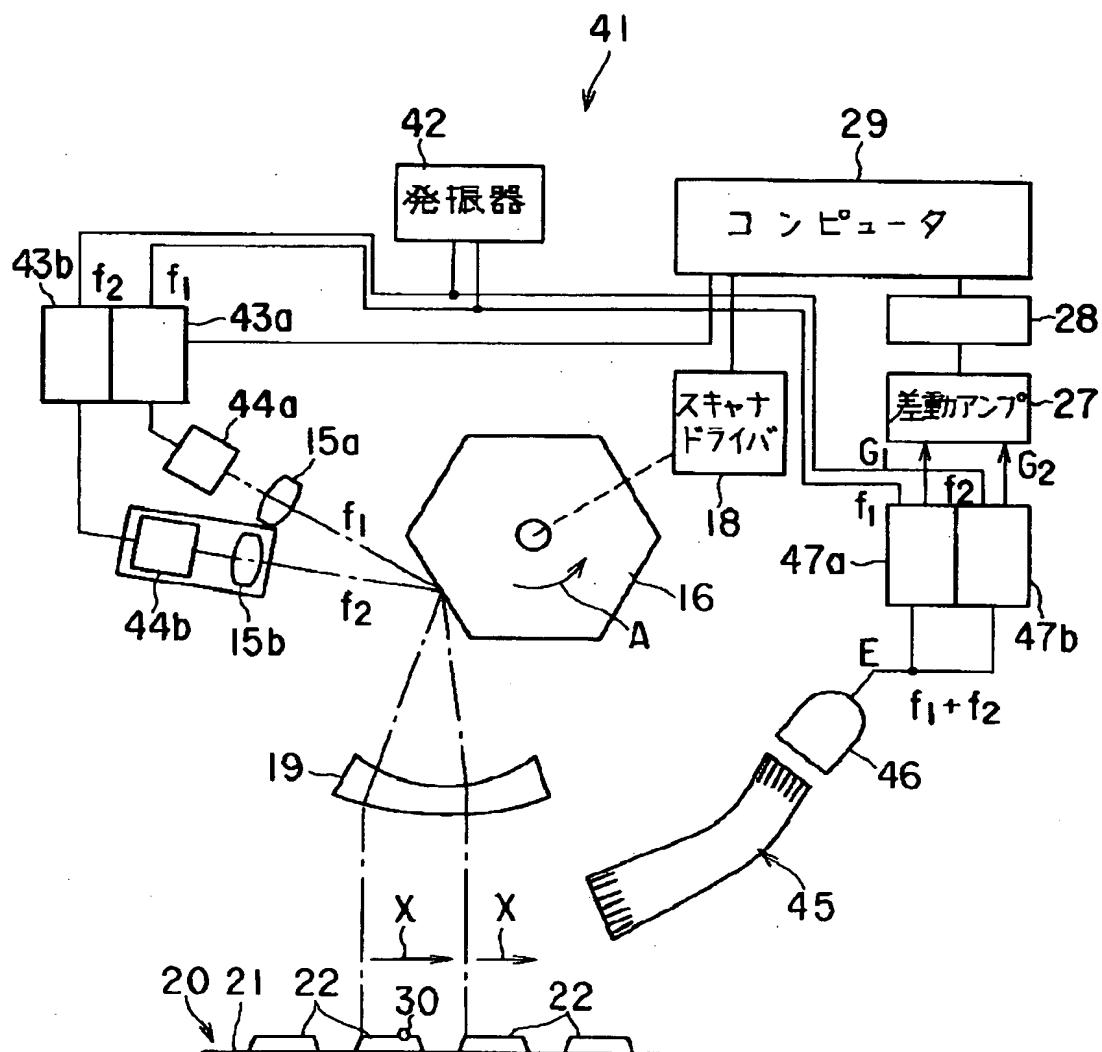
【図3】



【図5】



【図4】



BEST AVAILABLE COPY